

GSM - Global System for Mobile Communication

Este tutorial apresenta os conceitos básicos de Sistemas Celulares GSM.

O GSM (Global System for Mobile Communication) é um padrão digital de segunda geração do celular desenvolvido na Europa e adotado na maior parte do mundo. Desenvolvido inicialmente para a faixa de 900 MHz, o GSM teve posteriormente uma versão adaptada para as faixas de 1800 e 1900 MHz.



Eduardo Tude

Engenheiro de Teleco (IME 78) e Mestre em Teleco (INPE 81) tendo atuado nas áreas de Redes Ópticas, Sistemas Celulares e Comunicações por Satélite.

Ocupou várias posições de Direção em empresas de Teleco como VP de Operações da BMT, Diretor de Operações da Pégasus Telecom e Gerente de Planejamento Celular da Ericsson.

Pioneiro no desenvolvimento de Satélites no Brasil (INPE), tem vasta experiência internacional, é detentor de uma patente na área e tem participado constantemente como palestrante em seminários.

Assumiu em 2002 um novo desafio profissional como empreendedor e Presidente do Teleco.

E-mail: etude@teleco.com.br

Duração estimada: 15 minutos

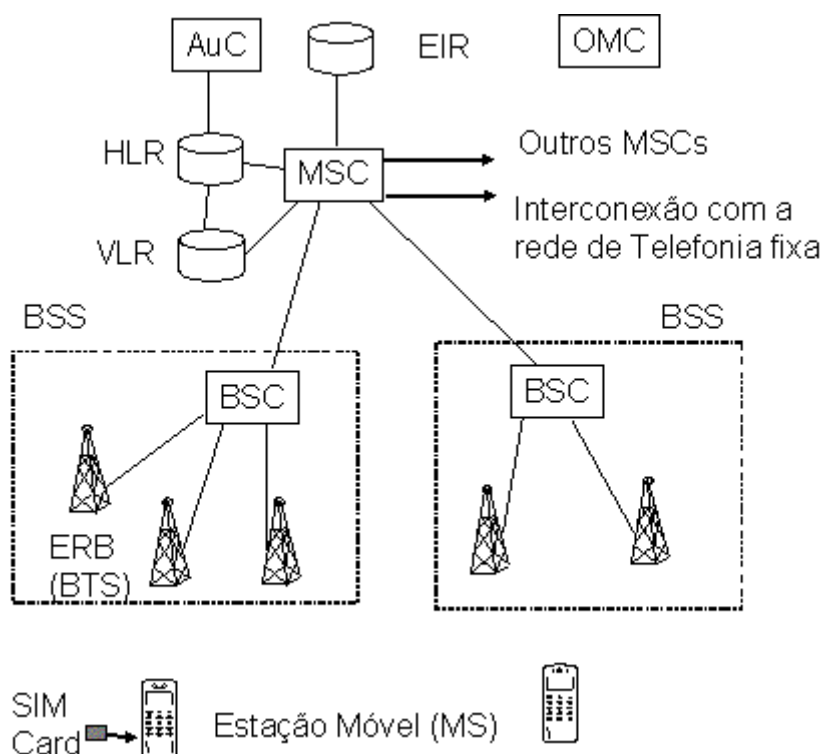
Publicado em: 14/04/2003

www.teleco.com.br

GSM: Arquitetura

O GSM tem a estrutura básica dos sistemas celulares e oferece as mesmas funcionalidades básicas dos demais sistemas celulares associadas à mobilidade como roaming e handover entre células. (Consulte o Tutorial "Telefonia Celular no Brasil")

A arquitetura de referência de um sistema GSM é apresentada na figura a seguir.



Mobile Station (MS)

Ou Estação Móvel é o terminal utilizado pelo assinante quando carregado com um cartão inteligente conhecido como SIM Card ou Módulo de Identidade do Assinante (Subscriber Identity Module). Sem o SIM Card a Estação Móvel não está associada a um usuário e não pode fazer nem receber chamadas.

Uma vez contratado o serviço junto a uma operadora o usuário passa a dispor de um SIM card que ao ser inserido em qualquer terminal GSM faz com que este passe a assumir a identidade do proprietário do SIM Card. No Brasil ele tem sido chamado pelas operadoras de OiChip e TIMChip.

O SIM card armazena entre outras informações um número de 15 dígitos que identifica unicamente uma dada Estação Móvel denominado IMSI ou Identidade Internacional do Assinante Móvel (International Mobile Subscriber Identity).

Já o terminal é caracterizado por um número também com 15 dígitos, atribuído pelo fabricante, denominado IMEI ou Identidade Internacional do Equipamento Móvel (International Mobile Station Equipment Identity).

Base Station System (BSS)

É o sistema encarregado da comunicação com as estações móveis em uma determinada área. É formado por várias Base Transceiver Station (BTS) ou ERBs, que constituem uma célula, e um Base Station Controller (BSC), que controla estas BTSs.

Mobile-Services Switching Centre (MSC)

Ou Central de Comutação e Controle (CCC) é a central responsável pelas funções de comutação e sinalização para as estações móveis localizadas em uma área geográfica designada como a área do MSC.

A diferença principal entre um MSC e uma central de comutação fixa é que a MSC tem que levar em consideração a mobilidade dos assinantes (locais ou visitantes), inclusive o handover da comunicação quando estes assinantes se movem de uma célula para outra. O MSC encarregado de rotear chamadas para outros MSCs é chamado de Gateway MSC.

Home Location Register (HLR)

Ou Registro de Assinantes Locais é a base de dados que contém informações sobre os assinantes de um sistema celular.

Visitor Location Register (VLR)

Ou Registro de Assinantes Visitantes é a base de dados que contém a informação sobre os assinantes em visita (roaming) a um sistema celular.

Authentication Center (AUC)

Ou Centro de Autenticação é responsável pela autenticação dos assinantes no uso do sistema. O Centro de Autenticação está associado a um HLR e armazena uma chave de identidade para cada assinante móvel registrado naquele HLR possibilitando a autenticação do IMSI do assinante. É também responsável por gerar a chave para criptografar a comunicação entre MS e BTS.

Equipment Identity Register (EIR)

Ou Registro de Identidade do Equipamento é a base de dados que armazena os IMEIs dos terminais móveis de um sistema GSM.

Operational and Maintenance Center (OMC)

Ou Centro de Operação e Manutenção é a entidade funcional através da qual a operadora monitora e controla o sistema.

GSM: Interface entre Estação Móvel e ERB

As características principais da interface entre a Estação Móvel e a ERB são apresentadas seguir.

Frequências de Operação (MHz)

	GSM 900	DCS 1800	PCS 1900
Estação Móvel -> ERB	880-915	1710-1785	1850-1910
ERB -> Estação Móvel	925-960	1805-1880	1930-1990
Espaçamento entre Frequências de Transmissão e Recepção	45	95	80

O GSM foi padronizado para operar nas faixas de frequências apresentadas na tabela, sendo o GSM 900 e o DCS 1800 adotados na Europa e o PCS 1900 nos Estados Unidos.

No Brasil as Bandas C, D e E estão na faixa de frequências do DCS 1800, tendo sido licitados inicialmente 15 MHz por operadora em cada direção. (Consulte a seção Frequências no Brasil)

Canalização

As Bandas do GSM são divididas em canais de RF, onde cada canal consiste de um par de frequências (Transmissão e Recepção) com 200 KHz de banda cada.

Existem, portanto, 124 canais de RF no GSM 900 e 373 canais no DCS 1800. Estes canais receberam uma numeração conhecida como ARFCN (Absolute Rádio Frequency Channel Number).

As frequências portadoras dos canais de RF são moduladas em 0,3GMSK por um sinal digital com taxa de 270,833 kbit/s .

MODULAÇÃO

O GSM utiliza um formato de modulação digital chamado de 0,3GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying).

O 0,3G descreve a Banda do Filtro Gaussiano de pré-modulação utilizado para reduzir o espectro do sinal modulado.

MSK (Minimum Shift Keying) é um tipo especial de modulação FSK (Frequency Shift Keing) onde 1's e 0's são representados por deslocamentos na frequência da portadora de RF. Quando a taxa de bits do sinal modulante é exatamente quatro vezes o deslocamento da frequência da portadora consegue-se minimizar o espectro e a modulação é chamada de MSK (Minimum Shift Keying).

No caso do GSM, a taxa de dados de 270,833 kbit/s foi escolhida para ser exatamente quatro vezes o deslocamento da frequência de RF (+/- 67,708 KHz).

Este sinal digital de 270,833 kbit/s é dividido no domínio do tempo em 8 intervalos (slots) de tempo possibilitando o múltiplo acesso por divisão no tempo (TDMA) das Estações Móveis.

	Período	Composição
Sinal de 270,833 kbit/s	4,615 ms	8 slots de tempo
Slot de tempo	576,9 us	156,25 bits
Bit	3,692 us	-

O GSM assim como o TDMA (IS-136) é uma combinação de FDMA e TDMA.

Canais Lógicos

No GSM nenhum canal de RF ou time slot está designado a priori para uma tarefa particular. A informação do usuário (voz e dados) e os dados de controle de sinalização são transmitidos em dois tipos básicos de canais lógicos que vão ocupar a estrutura do quadro (frame) TDMA: canal de tráfego (TCH) e canal de controle (CCH).

Estes canais lógicos são mapeados nos canais físicos conforme a figura a seguir.

Estação Móvel			Ar	ERB		
Canais Lógicos	<-->	Canais Físicos		Canais Físicos	<-->	Canais Lógicos
TCH CCH		Canal de RF Slot de tempo Quadro TDMA		Canal de RF Slot de tempo Quadro TDMA		TCH CCH

Os canais de tráfego suportam duas taxas de informação: Completa (Full) e Meia (Half) possibilitando que um canal de RF tenha de 8 canais (Full rate) a 16 (Half rate). O Half rate é implementado pela ocupação alternada do mesmo slot físico por dois canais lógicos.

As taxas de informação para os canais de tráfego (TCH) são:

	Full rate	Half Rate
Voz	13 kbit/s (22,8 kbit/s bruta)	11,4 kbit/s
Dados	9,6 kbit/s, 4,8 kbit/s e 3,6 kbit/s	4,8 kbit/s e 2,4 kbit/s

No GSM é possível encontrar 3 tipos de codificadores de voz (vocoder): o Enhanced Full Rate (EFR) e o Full Rate com taxa de 13 kbit/s, e o Half Rate com taxa de 9,6 kbit/s.

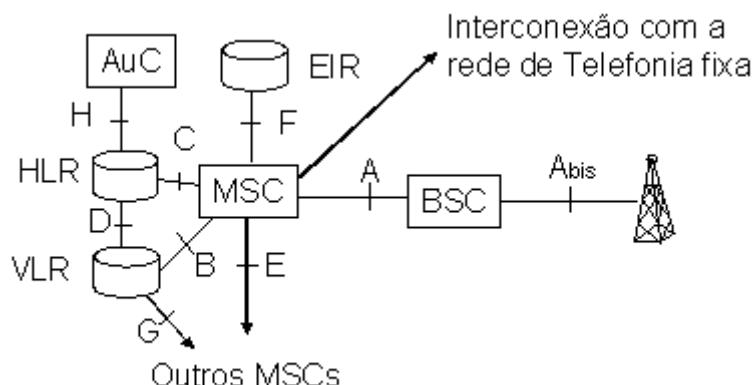
Capacidade do GSM

A eficiência de utilização do Espectro, ou capacidade de um sistema GSM é maior que a do AMPS e menor que um sistema TDMA (IS-136).

Em uma Banda de 30 KHz o AMPS tem capacidade para uma chamada telefônica e o TDMA três. Já o GSM em 200 KHz tem capacidade para oito chamadas. Em compensação por apresentar menos interferência co-canal os sistemas GSM utilizam um reuso de frequência de 4 por 12 enquanto no AMPS e TDMA o normal é de 7 por 21 o que propicia uma melhor utilização do espectro por parte do GSM.

Se o GSM utilizar um recurso, previsto nas especificações, de saltos de frequência (Frequency Hopping) é possível inclusive a utilização de esquemas de reuso de frequências mais eficientes.

GSM: Demais Interfaces



As interfaces da arquitetura de uma rede GSM, apresentadas na figura e descritas a seguir, foram padronizadas de modo a permitir a interoperabilidade com outras redes, inclusive roaming internacional, e permitir a utilização de diversos fornecedores na sua implantação.

Interface Abis entre ERB (BTS) e BSC

A interconexão entre BTS e BSC se dá através da interface padronizada Abis (a maioria das interfaces Abis são específicas do vendedor). Esta interface suporta dois tipos de links: canais de tráfego a 64 kbit/s levando voz ou dados do usuário e canais de sinalização BSC-BTS a 16 kbit/s. A camada física é baseada na G.703.

Interface A entre BSC e MSC

Está especificada pelas normas do GSM. A camada física é um 2 Mbit/s padrão CCITT.

Interfaces C, D, E, F, G

As interfaces C, D, E, F, G forma padronizadas pelo protocolo MAP que por sua vez utiliza os serviços de transação e transferência de mensagens do Sistema de Sinalização número 7 (SS#7).

Em um sistema de telefonia fixa é necessário que exista entre as centrais telefônicas, além dos troncos com os canais de voz, um sistema de sinalização por onde são trocadas mensagens de modo a se estabelecer uma chamada telefônica entre dois assinantes.

O Sistema de Sinalização número 7 é o padrão adotado pela UIT e utiliza um canal dedicado para a comunicação. O SS#7 é um protocolo complexo cuja estrutura é apresentada na figura a seguir.

Camadas OSI	Níveis SS7				
7	4	MAP	ISUP	TUP	
		TCAP			
6		ISP			
5					
4					
3		SCCP			
	3	MTP			
2	2				
1	1				

O SS#7 pode ser dividido em duas partes.

1) User Part

Que implementa funções dos usuário como a:

TUP (Telephone User Part)

Que compreende todas as mensagens de sinalização necessárias para que uma rede telefônica fixa estabeleça uma chamada.

ISUP (Integrated services user part)

Que acrescenta ao TUP a sinalização para redes de dados comutadas a circuito como previsto na ISDN.

2) MTP (Message Transfer Part)

Que é responsável pela transferência das mensagens de maneira confiável na rede de sinalização.

Além das aplicações relacionadas ao tráfego telefônico o SS#7 estabeleceu, na parte do usuário, camadas que possibilitam a troca de informações, entre centrais ou bases de dados, não relacionadas ao estabelecimento de circuitos telefônicos. Visava-se a implementação de serviços da rede inteligente.

Estas camadas são a: SCCP (signaling Connection Control Part), ISP (Intermediate service Part) e TCAP (Transaction capabilities application part).

A necessidade de sinalização em uma rede celular é muito maior que numa rede fixa devido a mobilidade do usuário. Para suprir estas funções o GSM desenvolveu a camada Mobile Application Part (MAP) que usa como suporte as várias camadas do SS#7 como o TCAP, SCCP e o MTP.

Interface entre MSC e redes de Telefonia Fixa

A interconexão entre MSC e redes fixas utiliza o Padrão SS#7 TUP ou ISUP.

Interfaces B e H

As interfaces B entre MSC e VLR e H entre HLR e AUC não estão padronizadas pois tratam-se normalmente de interfaces internas do MSC/VLR e do HLR/AUC.

GSM: Serviços

As especificações do GSM procuraram de início reproduzir na rede móvel os serviços que estariam disponíveis na rede fixa através da ISDN (Rede Digital de Serviços Integrados) padronizada pela UIT.

A estrutura flexível dos canais físicos do GSM bem como a utilização do protocolo SS7 facilitaram a introdução destes serviços que foram divididos nos grupos apresentados a seguir.

Bearer Services

Serviços de transporte de dados usados para conectar dois elementos de uma rede como acesso ao X.25 com taxas de dados de 2400 a 9600 bit/s.

Teleservices

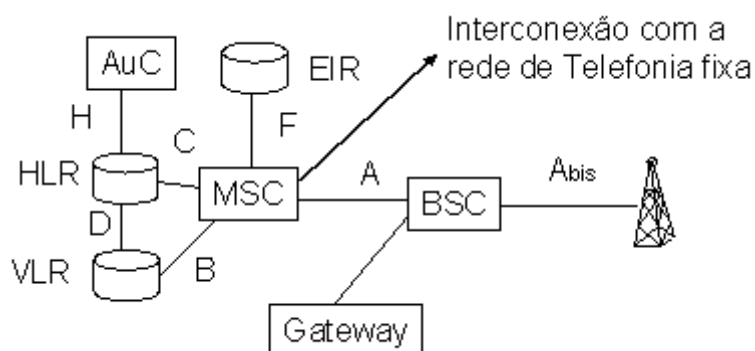
Serviços de comunicação entre dois assinantes como telefonia, serviço de mensagens curtas (SMS) e FAX.

Serviços Suplementares

As redes GSM suportam dezenas de serviços suplementares, tais como identificação do número chamador, chamada em espera, siga-me e conferência.

A padronização do GSM tem avançado na definição de outros serviços adicionais. O SMS e estes outros serviços são normalmente implementados utilizando-se gateways entre a BSC e o MSC como apresentado na figura a seguir.

A comunicação com outros elementos da Rede GSM, tais como MSC, HLR e EIR, é sempre baseada no protocolo MAP com suporte do SS7.



Serviços de Localização

Os serviços de localização padronizados para o GSM permitem estimar com precisão a localização da estação móvel servindo de base para vários serviços oferecidos ao assinante.

GPRS

O GPRS (General Packet Radio Service) é um serviço para comunicação de dados que permite a estação móvel uma conexão a Internet sem a necessidade de se estabelecer uma chamada telefônica (always on). Este

serviço pode utilizar até os 8 time slots de uma canal GSM de 200 KHz o que implica em uma taxa que teoricamente poderia chegar a 115 kbit/s.

EDGE

O EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) é um padrão desenvolvido para aumentar a taxa de dados para serviços oferecidos pela rede GSM. Este aumento é obtido pelo uso de um novo tipo de modulação (8 BPSK) para a portadora dos canais de RF em substituição a usada atualmente 0,3GMSK.

É possível desta forma oferecer 48 kbit/s por slot de tempo o que possibilitaria o oferecimento de conexões IP de até 384 kbit/s. Esta solução mantém a estrutura básica de canalização do GSM implicando na instalação de transceptores com modulação 8 BPSK para os canais de RF dedicados a esta aplicação.

3G

A evolução do GSM para serviços de terceira geração com taxas de dados de até 2 Mbit/s vem sendo padronizada pelo 3rd Generation Partnership Project (3GPP). Esta evolução exigiu a definição de um novo padrão para a interface entre Estação Móvel e ERB com canais de RF de 5 MHz.

Este novo padrão (WCDMA) implicará em mudanças na estrutura de canalização do GSM exigindo uma banda adicional de frequências para implementação do serviço por parte das operadoras, mantendo no entanto a compatibilidade e demais interfaces da arquitetura GSM.

GSM: Considerações Finais

O GSM é o padrão de sistema celular com mais usuários no mundo tendo atingido em 2002 segundo o EMC a marca de 792,8 milhões de assinantes ou 69,83% dos assinantes mundiais e está presente em praticamente todos os países. A presença mundial e o volume de assinantes e redes GSM é o grande trunfo deste sistema pois se traduz em facilidades de roaming e custos mais baixos para a rede e terminais.

O GSM foi introduzido no Brasil em 2002 com a licitação pela Anatel das Bandas D e E e está em operação em quase todo o Brasil. Foi adotado também pela maioria das operadoras que estão migrando do TDMA. Consulte o mapa dinâmico das operadoras.

A adoção do GSM pelas operadoras no Brasil tem impacto não apenas na interface rádio, o que exige novos terminais GSM, mas na rede nacional de roaming que é atualmente baseada no IS-41 para os sistemas AMPS, TDMA e CDMA. A sinalização de roaming do GSM é feita através do protocolo MAP como suporte do SS#7.

Referências

[3GPP](#)

Responsável pela padronização da evolução do GSM para 3 G.

[ETSI](#)

Desenvolveu as normas para o GSM. É possível fazer download gratuito das normas.

[GSM World](#)

Site da associação do GSM

[Wireless BR](#)

Seção com vários artigos sobre GSM.

GSM: Teste seu Entendimento

1) Assinale a alternativa correta.

- ☐ A capacidade de um sistema GSM é maior que a do TDMA pois têm 8 canais por portadora enquanto o TDMA tem 3.
- ☐ Os sistemas GSM nos Estados Unidos e Europa utilizam a mesma faixa de frequências.
- ☐ 270,833 kbit/s é a taxa de um canal de voz no GSM.
- ☐ 13 kbit/s é a taxa de um canal de voz no GSM.

2) Assinale a alternativa errada.

- ☐ As interfaces de sinalização em uma rede GSM são baseadas no protocolo MAP com suporte do SS7.
- ☐ A rede de roaming de um sistema GSM utiliza o protocolo IS-41.
- ☐ Os assinantes de um sistema GSM são autenticados no AuC.
- ☐ Sem o SIM Card a Estação Móvel não pode fazer nem receber chamadas.

3) Assinale o serviço que não é suportado por uma rede GSM.

- ☐ Telefonia
- ☐ SMS
- ☐ Conexão a Internet via GPRS
- ☐ TV por assinatura
- ☐ Localização